

LABY : Un support d'aide à l'évaluation de choix de conception d'IHM pour le contrôle aérien

Robert Parise
EGISAVIA
4 bis, rue Paul Mesplé
Toulouse
robert.parise@egis.fr

Jean-Paul Imbert
LII-ENAC/ICS-IRIT
7, avenue Edouard Belin
Toulouse
jean-paul.imbert@enac.fr

François Marais
DTI-R&D-PII
7, avenue Edouard Belin
Toulouse
francois.marais@cena.fr

Roland Alonso
EGISAVIA
4 bis, rue Paul Mesplé
Toulouse
roland.alonso@egis.fr

ABSTRACT

The iterative approach in the development of Human Machine Interfaces involves the validation of design choices on both aspects of design and means of interaction. In the case of complex interfaces, conduct evaluations of such choices can be very difficult and expensive. In the field of air traffic control, especially for the design of the controllers' radar display, a simulation tool for high-fidelity usage scenarios LABY has been developed to enable ergonomists and engineers to evaluate HMI solutions in a simplified and controllable environment. In this paper we present the use of LABY in three experiments realized in order to design an innovative interface for air traffic controllers.

Author Keywords

Experimentation; Evaluation; Conception; HMI

ACM Classification Keywords

H.5.m [User Interface]: *Evaluation/methodology*

General Terms

Human Factors; Experimentation; Design

INTRODUCTION

La définition et la mise en œuvre des protocoles expérimentaux pour l'évaluation d'Interfaces Homme-Machine (IHM) doivent permettre d'obtenir des solutions applicables en contexte opérationnel [1] et combattre l'irréversibilité des solutions trop rapides [2]. Le plus souvent, les mises en situation qui supportent les tâches opérationnelles sont des prototypes, des simulateurs et plus rarement des positions de travail réelles. Hormis ces dernières, le prototype ou le simulateur doit être d'un niveau de maturité suffisant pour tester les objectifs de l'évaluation et généraliser les résultats expérimentaux en utilisation réelle. La question est de se situer entre des plateformes de simulation identiques au réel, mais où les scénarios sont complexes et coûteux à mettre en œuvre avec le risque d'être peu évolutifs, et des plateformes expérimentales, où les scénarios plus simplistes ne

permettent pas toujours de rendre compte de l'activité réelle avec le risque d'introduire des biais de représentations. Par exemple, dans le domaine du contrôle aérien où les activités mentales se déroulent en situations dynamiques et complexes, il est souvent impossible d'explorer toutes les options et de savoir si parfois des scénarios n'ont pas été oubliés. La réalisation de scénarios d'évaluation de ces activités ne pouvant pas être complètement anticipée, prévue, il s'agit de déterminer des niveaux de réalisme suffisants pour faire émerger des comportements humains, même s'il n'est pas facile de construire le support de simulation.

Nous avons ainsi fait le choix de développer un dispositif spécifique de simulation haute-fidélité LABY pour l'étude de caractérisations générales d'activités de contrôle aérien, et en particulier des processus d'utilisation d'interfaces innovantes [3]. Ce dispositif est élaboré de manière à offrir une souplesse pour modifier la dynamique de ces processus, en étudiant des variantes, sans pour autant détériorer les conditions de la situation réelle. Par ailleurs, il permet de mieux maîtriser les variables manipulées en provoquant les occurrences d'activités et en proposant un environnement stable et itératif.

Aujourd'hui, les services d'un tel dispositif, qui répondent notamment aux exigences techniques des environnements en place, n'existent pas dans le domaine du contrôle aérien. Par ailleurs, le contexte de ce développement s'inscrit dans l'arrivée de nouveaux systèmes d'assistance au contrôle aérien qui complexifie les IHM du contrôleur. Le nombre de manipulations sur les interfaces s'accroît et les affichages des informations, souvent sur plusieurs écrans, deviennent très denses. Cette évolution passe par la conception d'IHM adaptées à ces exigences. Avec la souris, d'autres moyens d'interaction sur l'image radar sont possibles comme le tactile [4] ou le stylet [5] permettant la reconnaissance d'écriture. L'utilisation de ces nouvelles technologies doit être évaluée au regard des exigences de précision, de rapidité et de sécurité, indispensables aux activités du contrôle aérien.

Dans le cadre d'études au sein du pôle Performance et Innovation des IHM (PII) de l'aviation civile, une plateforme expérimentale pour l'évaluation de ces futurs systèmes d'interactions pour la saisie d'ordre de contrôle aérien (tactile, stylet, ...) et la présentation des informations

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Ergo IHM 2012, October 16–19, 2012, Biarritz, France.

Copyright 2012 ACM 978-1-4503-1015-4/12/05...\$10.00.

du radar a été développée. Elle répond en particulier au besoin de définition d'un simulateur pour les futurs concepts de contrôle aérien. Pour construire ce simulateur, de nombreux sujets d'études ont été abordés (fontes, graphismes, couleurs, ...) dont deux qui ont nécessité des analyses approfondies : le type de périphérique pour interagir avec les nouvelles interfaces du simulateur et le type de designs pour afficher des notifications d'alertes. Ces deux études ont fait l'objet d'évaluation par une mise en situation autour de scénarios d'activités [6] avec le dispositif LABY. Dans cet article, nous nous proposons de décrire ces exemples d'évaluation et le rôle du LABY dans le choix de conception des IHM qui figureront dans le simulateur opérationnel.

DESCRIPTION DU DISPOSITIF LABY

Le LABY est construit autour de la tâche principale du contrôle aérien qui est le guidage des avions dans l'espace aérien de manière à éviter les collisions. Le guidage peut s'effectuer sur 1 à n avion(s) dans un parcours prédéterminé. Certains avions sont pilotés par l'opérateur, d'autres sont gérés automatiquement par le système pour créer des situations conflictuelles impliquant une résolution de problème. Au fil du déplacement, des consignes ou des obstacles apparaissent et nécessitent de la part de l'opérateur des actions de saisie comme il pourrait l'ordonner dans la situation réelle (par exemple, des valeurs numériques pour diriger l'avion en cap, en niveau de vols, en vitesse, etc.). L'idée est d'amener l'opérateur à contextualiser son activité de travail en l'orientant sur la tâche principale de guidage (lecture des consignes, surveillance du déplacement, anticipation des trajectoires) et à considérer les manipulations de saisies (périphériques, fenêtres de saisies, menus, ...) comme un moyen d'atteindre l'objectif de sa tâche et non comme une fin en soi. Ce dispositif permet ainsi de distinguer deux types d'objectifs d'utilisation d'une IHM à l'instar des composantes d'utilisation d'un instrument [7].

- Un objectif d'action qui est la réalisation d'une tâche comme ici le guidage d'un avion dans un parcours.
- Un objectif d'usage qui est le moyen de manipulation des objets de l'interface pour réaliser la tâche.

Dans ce contexte expérimental, nous pensons pouvoir mieux appréhender l'utilisabilité des interacteurs de saisies étudiés sur le plan du ressenti, de l'efficacité perçue et mesurée par rapport à une tâche de travail qui met en jeu des mécanismes mentaux que nous avons définis et statués comme proches de la situation réelle.

LES MODULES DU DISPOSITIF LABY

La construction de la tâche expérimentale et des objets manipulés est réalisée et maîtrisée à l'aide d'un éditeur LABYedit. Cet éditeur met à disposition de l'expérimentateur des éléments graphiques de construction de l'environnement d'étude (Figure 1).

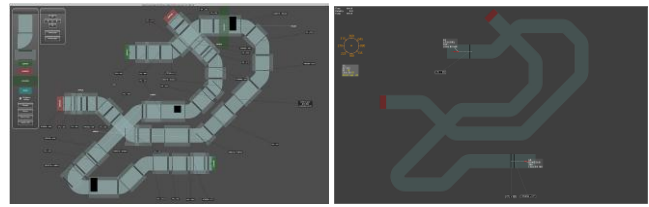


Figure 1 : L'éditeur de parcours LABYedit et la mise en action sur LABYappli

Une fois la construction du parcours terminée, LABYappli prend en charge le dessin du parcours et l'affichage des contraintes. La distinction du module d'édition et du module applicatif permet de rendre générique le dispositif LABY. L'objectif est de fournir une plateforme modulable afin de tester rapidement différents types d'interactions de saisies ou de fenêtres d'affichages.

EXPÉRIMENTATIONS

Deux expérimentations sur les périphériques de saisie ont été menées avec le LABY. Une troisième a concerné le design de notification d'informations en vision périphérique en contexte de double tâche de contrôle d'avions.

L'expérimentation 1

Cette expérimentation concerne l'analyse des différences de performance en termes de temps de sélection et de saisie, ainsi que de la facilité d'usage perçue, entre la souris et le stylet par l'utilisation d'un écran graphique. Pour cela, le dispositif expérimental LABY a été doté d'objets graphiques et d'interacteurs identiques à ceux des visualisations radars opérationnelles (étiquettes radar) qui seront implémentées dans le simulateur et les futurs systèmes de contrôle.

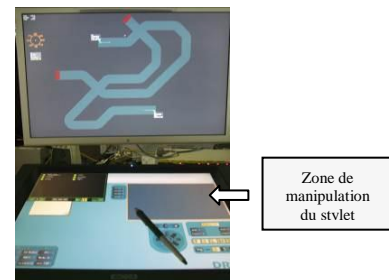


Figure 2: Position expérimentale (écran vertical d'affichage du parcours et des consignes et écran graphique avec la zone dédiée à l'interaction dans le cas de l'utilisation du stylet)

Il s'agit de comparer deux types d'interaction au stylet avec la saisie manuscrite de valeurs numériques et l'interaction à souris par des menus linéaires. Les deux moyens d'interaction avec le stylet se différencient par l'étape d'accès aux instructions. Pour une des solutions d'utilisation du stylet, il faut pointer des champs dédiés dans l'étiquette radar pour ouvrir une zone de saisie manuscrite. Ce mode d'accès est similaire à celui de la souris. L'autre solution d'utilisation du stylet propose un type de pointage jugé moins contraignant et plus adapté qui est l'accès par toute une partie de l'étiquette, par exemple la

partie inférieure. Le pointage donne ensuite accès à un piemenu [8] et à un système de reconnaissance de l'écriture. Dans cette expérimentation, le LABY est intégré dans la position de contrôle du simulateur (Figure 2) pour se rapprocher des conditions futures tout en favorisant l'usage intensif des menus. La manipulation du stylet se fait par l'écran disposé horizontalement sur le plan de travail. Les vingt-six sujets de l'expérimentation sont des contrôleurs de l'Aviation Civile et de l'Ecole Nationale de l'Aviation Civile. Ils sont familiers avec l'usage de la souris mais pas avec celui du stylet. L'ensemble des sujets a été exposé à une situation de charge de travail plus ou moins importante (2 à 4 avions en simultanés à piloter). Les performances en durées moyennes de temps de mouvement entre l'entrée dans l'étiquette radar et le clic du champ de l'instruction donnent de meilleurs résultats pour le stylet.

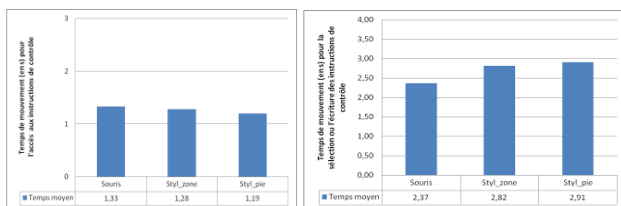


Figure 3: Temps pour la sélection (en s) des instructions de contrôle et temps de sélection (en s) des valeurs dans le menu ou par l'écriture selon les moyens d'interaction

La comparaison des performances en durées moyennes de temps de mouvement entre le clic du champ de l'instruction et la validation de la saisie de la valeur de l'instruction montre que la souris avec les menus sous forme de liste reste le moyen le plus rapide face à la saisie manuscrite faite au stylet (Figure 3). Toutefois, ce résultat est à modérer face au plus faible nombre d'erreurs de saisie obtenu par le stylet par rapport à la souris, malgré les erreurs de reconnaissance d'écriture. Ces dernières associées à la nouveauté du périphérique peuvent expliquer l'allongement des temps de saisie pour le stylet. Le choix de ce mode d'interaction a été privilégié pour la conception de l'IHM du simulateur opérationnel dans la mesure où il a obtenu de bons résultats globaux en termes d'utilisabilité.

L'expérimentation 2

L'objectif de cette expérimentation est de comparer trois types de saisie manuscrite d'instructions de contrôle. Le but est de déterminer quelle interaction au stylet est la plus efficace, que ce soit en termes d'erreurs ou en temps de validation. Elle résulte des conclusions de l'expérimentation 1 faisant état de problèmes de reconnaissance de l'écriture sur certains symboles. Il s'agit d'évaluer la conception de fenêtres de saisie basées sur un espace libre ou un espace d'écriture contraint par un formulaire. Ainsi, dans le premier cas, si le système ne reconnaît pas la valeur numérique saisie, la séquence doit être réécrite. Dans le second cas, chaque chiffre est saisi dans un cadre et peut être corrigé indépendamment. Un troisième cas mixte est également proposé, présentant un formulaire après une première reconnaissance d'une saisie

libre de l'écriture. Le protocole expérimental utilise le LABY avec une tâche principale de saisie manuscrite de valeurs numériques indiquées par des consignes. L'idée est d'obliger les sujets à écrire un nombre important de consignes en un minimum de temps. Avec ce principe, nous limitons aussi les différences de contextes inter-sujets pour contrôler au mieux la seule action de saisie. Les avions restent toutefois dynamiques et les IHM d'interactions sont similaires au simulateur opérationnel. Vingt-quatre sujets adultes non experts ont participé à cette expérimentation. Les résultats (Figure 4) soulignent une meilleure performance du menu « mixte » sur les temps de saisie et sur le taux d'erreurs de la reconnaissance d'écriture.

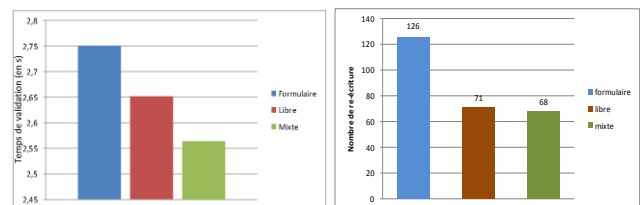


Figure 4: Temps de validation (en s) et nombre d'erreurs en fonction du type de menu

Cette évaluation a ainsi permis de faire le choix de ce menu pour équiper le simulateur opérationnel.

L'expérimentation 3

Cette expérimentation a pour but de mesurer le pouvoir attentionnel en vision périphérique de plusieurs designs de notifications en contexte de double tâche. Une notification correspond à une information ponctuelle montrée au contrôleur. Le design choisi pour sa représentation va provoquer sa mise en valeur dans l'IHM. Toutes les notifications n'ont pas le même poids au niveau opérationnel. Dès lors, il était donc important de caractériser leur pouvoir attentionnel et de l'évaluer en fonction de leur importance dans le déroulement de la tâche. Dans ce cadre, un parcours occupant le centre de l'écran a été réalisé et des avions « statiques » ajoutés de façon régulière sur la totalité de l'image radar.

Les notifications sont tirées aléatoirement sur plusieurs designs à tester et affectées à des avions suffisamment éloignés de l'objet de la tâche principale, c'est-à-dire l'avion piloté. Un oculomètre a été associé au LABY pour avoir une mesure objective des temps relatifs aux parcours oculaires jusqu'aux points d'intérêts et des durées de fixations. Dans les designs de notifications évalués, des designs opérationnels (COLOR est un texte de couleur statique rouge orangé et COLORBLINK est un texte de couleur animée) ont été comparés à des designs expérimentaux (BOXANIMATION avec des chevrons jaunes pulsants entourant l'étiquette de l'avion, HALO avec un cercle animé convergeant de l'avion guidé vers l'avion faisant l'objet de la notification et SHADOWMASK avec une animation sur l'opacité du fond de la visualisation radar) que nous souhaitons caractériser pour choisir ceux à mettre en place dans le simulateur. Cette expérimentation

montre le caractère évolutif du LABY qui répond ici à des questions d'études sur la représentation des informations. Vingt sujets, personnels ingénieurs de l'aviation civile ont effectué l'expérimentation. L'analyse des résultats montre qu'il existe un effet des différents designs sur les temps de validation des notifications (Figure 5) et en particulier, une contre-performance des designs opérationnels.

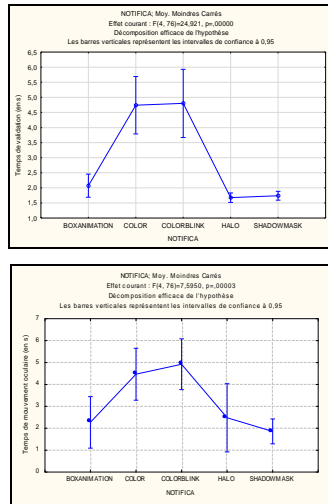


Figure 5 : Temps de validation des notifications (en s) et analyse de variances des parcours oculaires

COLORBLINK a le temps le plus élevé par rapport à COLOR dont l'animation de la couleur sur le COLORBLINK semble plus efficace. HALO et SHADOWMASK déclenchent des temps similaires et sont significativement meilleurs que les autres designs. Le BOXANIMATION a aussi une bonne performance. L'analyse des temps entre le moment d'apparition de la notification et le moment où le sujet la fixe (temps de réaction) indique des tendances proches de celles évoquées plus haut. En conclusion, le SHADOWMASK se détache légèrement pour être le design qui attire le plus l'attention mais qui reste le plus intrusif. Les études se prolongent avec de nouvelles expérimentations sur simulateur opérationnel.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'objectif de conception en ergonomie est la mise en œuvre dynamique du couplage entre la tâche et l'opérateur [9]. Les simulateurs ont vocation à se rapprocher du couplage que l'on observe dans les situations cibles. Le LABY offre cet espace expérimental qui conserve une part de la complexité des conditions réelles d'activité tout en ayant un meilleur contrôle des variables étudiées. Ainsi, en ce qui concerne l'évaluation des moyens de saisies en termes d'utilisabilité, ces expérimentations ont montré l'intérêt du dispositif LABY à mettre les contrôleurs en capacité de simuler des actions, des ajustements, de faire preuve d'inventivité et d'élaborer de nouveaux usages, tout comme ils pourraient également le faire sur un système complexe plus opérationnel. Il évite de mettre en œuvre des protocoles expérimentaux trop lourds et rend alors possible des cycles d'itérations courts, avec un contrôle précis de

l'environnement étudié. Tout en gardant le principe d'une conception dans l'usage, c'est-à-dire qui se poursuit au fil des mises en situation, le LABY permet le repérage des difficultés d'utilisation en comparant plusieurs solutions alternatives sur la base de critères des tâches futures de travail préalablement définies, et aide ainsi à la prise de décisions. Le passage sur un simulateur plus complexe se révèle par ailleurs facilité par la similitude technique des systèmes utilisés. Suite aux choix pris eu égard aux résultats des expérimentations utilisant le LABY, des tests en simulations opérationnelles ont pu être effectués rapidement. Parallèlement, l'utilisation du LABY apparaît comme un support de formation pour initier les élèves contrôleurs aux premières notions de contrôle ou pour familiariser des contrôleurs à la manipulation des fonctions présentes sur de futurs systèmes, économisant d'autant les temps de formation sur simulateur opérationnel.

REMERCIEMENTS

Nous tenons ici à remercier Philippe Ribet, Daniel Etienne et Anthony Marion (ingénieurs de recherche) pour la réalisation du labyrinthe et de son éditeur.

RÉFÉRENCES

1. Rasmussen, J. Analysis of Tasks, Activities and Work in the Field and in the Laboratories. *Le Travail Humain*, 56, 2-3 (1993), 133-155.
2. Béguin, P., & Weill Fassina, A. De la simulation des situations de travail à la situation de simulation. In P. Béguin, A. Weill-Fassina, *La simulation en Ergonomie: connaître, agir, interagir*, Toulouse, Octarès, 1997, 5-28.
3. Hoc, J., Amalberti, R., Plee, G. Vitesse du processus et temps partagé: planification et concurrence attentionnelle. *L'année psychologique*, 100, 4 (2000), 763-764.
4. Alonso, R., Terrier, P., Parise, R., Cellier, J-M. Adaptation à un changement d'échelle en situation de contrôle du mouvement à distance. *Le Travail Humain*, 73, 3 (2010), 193-212.
5. Benhacène, R., Marion, A., Rousselle, M-P. *As Rapid As Paper Strips ? Evaluation of VertiDigi, a new Control Tool for Terminal Sectors*, 6th Seminar ATM, Baltimore, Maryland, USA, 2005.
6. Carroll, J.M. 2000. Five reasons for scenario-based design. *Interacting with Computers*, 13, 1 (2000), 43-60.
7. Rabardel, P. *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Paris, Armand Colin, 1995.
8. Bailly, G., Lecolinet, E., Nigay, L. Quinze Ans de Recherche sur les Menus : Critères et Propriétés des Techniques de Menus. In *Proc. IHM'07*, ACM Press (2007), 119-126.
9. Leplat, J. *L'analyse psychologique du travail en ergonomie*, Toulouse, Octarès, 2000.

